## **„Wind of Change” oder „The Answer Is Blowing In The Wind”**

#Energieträger #Energieumwandlungen #Kraftwerke #Ekin=1/2·m·v² #Geschwindigkeit

#Energieeinheiten #Umrechnung\_kWh-J #Einsetzungsverfahren #Energieflussidagramme

Windenergie – Arbeitsblatt 2 – Seite 1 von 6

Über die Nutzung von Windkraft wird viel diskutiert - vielleicht auch in deiner Gemeinde. Deshalb wollen wir hier klären, warum die Windräder in den letzten Jahren immer höher und größer werden und zusätzlich die Energiemenge abschätzen, die in Deutschland durch Windkraft erzeugt werden kann.

1. **Vorüberlegungen**

Was ist Wind? Bevor wir uns Gedanken über Windkraftanlagen und Energie machen, müssen wir besser verstehen,

* was Wind ist,
* wie dieser zustande kommt und
* woher seine Energie kommt.

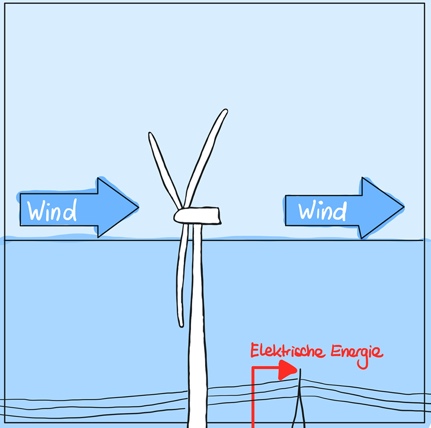
1. Schau dir folgendes Video von Terra X an:   
   <https://kurzelinks.de/cqcu>

*Zeit: ca. 1:36 min*

1. Schon 1919 bewies der deutsche Physiker Albert Betz, dass maximal 59 % der Windenergie in elektrische Energie umgewandelt werden können. Diskutiere, was passieren würde, wenn ein Windrad 100 % der Windenergie in elektrische Energie umwandeln würde.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

1. Ergänze das Energieflussdiagramm einer Windkraftanlage.

****



1. **Energieumwandlung an einer Windkraftanlage**

Windenergie – Arbeitsblatt 2 – Seite 2 von 6



Um die kinetische Energie der Luft zu berechnen, die die Windkraftanlage in Bewegung setzt, benötigt man die Masse der Luft.

1. Auf ein Windrad trifft Luft mit einer **Geschwindigkeit** von . Nimm an, dass die **Masse der Luft**, die das Windrad **innerhalb einer Stunde** in Bewegung setzt, beträgt.

Berechne die kinetische Energie dieser Luftmasse.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Ekin Luft = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ J   
  
Ekin Luft = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_kWh

1. Wir nehmen weiter an, dass das Windrad 50 % in elektrische Energie umwandeln würde. Berechne diese elektrische Energie.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Eel = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ J   
  
Eel = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_kWh

1. Bestimme nun die Geschwindigkeit der Luft, nachdem sie durch das Windrad geströmt ist.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

1. Begründe mithilfe von c), warum man große Abstände zwischen den Windrädern einhalten muss.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

## **„Wind of Change” oder „The Answer Is Blowing In The Wind” – *Lösungen***

#Energieträger #Energieumwandlungen #Kraftwerke #Ekin=1/2·m·v² #Geschwindigkeit

#Energieeinheiten #Umrechnung\_kWh-J #Einsetzungsverfahren #Energieflussidagramme

**Lösungen** zu Windenergie – Arbeitsblatt 2 – Seite 1 von 6

Über die Nutzung von Windkraft wird viel diskutiert - vielleicht auch in deiner Gemeinde. Deshalb wollen wir hier klären, warum die Windräder in den letzten Jahren immer höher und größer werden und zusätzlich die Energiemenge abschätzen, die in Deutschland durch Windkraft erzeugt werden kann.

1. **Vorüberlegungen**

Was ist Wind? Bevor wir uns Gedanken über Windkraftanlagen und Energie machen, müssen wir besser verstehen,

* was Wind ist,
* wie dieser zustande kommt und
* woher seine Energie kommt.

1. Schau dir folgendes Video von Terra X an:

<https://kurzelinks.de/cqcu>

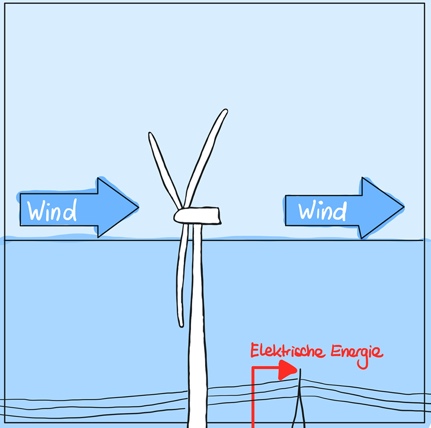
*Zeit: ca. 1:36 min*

1. Schon 1919 bewies der deutsche Physiker Albert Betz, dass maximal 59 % der Windenergie in elektrische Energie umgewandelt werden können. Diskutiere, was passieren würde, wenn ein Windrad 100 % der Windenergie in elektrische Energie umwandeln würde.

*Die Luft hinter dem Windrad muss sich ebenfalls bewegen, da sonst der Entstehungsprozess des Windes nicht mehr funktionieren würde.*

*Würde allerdings die gesamte Energie umgewandelt werden, hätte der Wind hinter der Windkraftanlage gar keine Geschwindigkeit mehr.*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

1. ****Ergänze das Energieflussdiagramm einer Windkraftanlage.



Ekin Luft

Ekin Rotor

E<elektrisch



WäWärme

Wärme

Ekin Luft

WäWärme

Wärme

1. **Energieumwandlung an einer Windkraftanlage**

**Lösungen** zu Windenergie – Arbeitsblatt 2 – Seite 2 von 6



Um die kinetische Energie der Luft zu berechnen, die die Windkraftanlage in Bewegung setzt, benötigt man die Masse der Luft.

1. Auf ein Windrad trifft Luft mit einer **Geschwindigkeit** von . Nimm an, dass die **Masse der Luft**, die das Windrad **innerhalb von einer Stunde** in Bewegung setzt, beträgt.

Berechne die kinetische Energie dieser Luftmasse.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *Umrechnung in kWh:* |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Ekin Luft = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ J   
  
Ekin Luft = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_kWh

1. Wir nehmen weiter an, dass das Windrad 50 % in elektrische Energie umwandeln würde. Berechne diese.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *(mit Zwischenrundung auch möglich)* |  |  |  |

Eel = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ J   
  
Eel = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_kWh

1. Bestimme nun die Geschwindigkeit der Luft, nachdem sie durch das Windrad geströmt ist.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | *50 % der Energie werden genutzt* è *50 % werden nicht genutzt* è |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

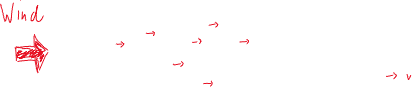
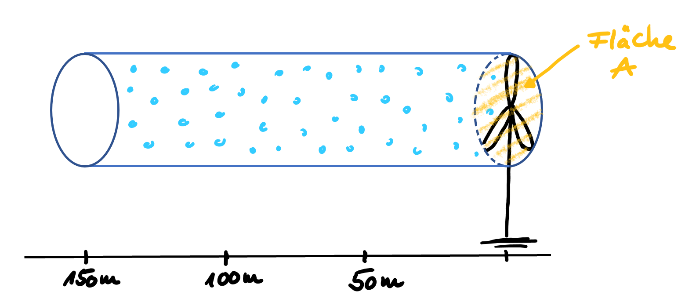
1. Begründe mithilfe von c), warum man große Abstände zwischen den Windrädern einhalten muss.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | *Die Restenergie des Windes wäre bei zu kleinen Abständen nicht ausreichend für einen effektiven Betrieb der nächsten Anlage.*  *Wenn die Abstände groß genug sind, trifft auf die nächste Anlage Wind mit höherer Geschwindigkeit.* |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

e) \*Zusatzaufgabe für Schnelle und Interessierte

Windenergie – Arbeitsblatt 2 – Seite 3 von 6

Die Masse, die in einer Stunde durch das Windrad strömt, wurde in Aufgabe 2a vorgegeben, denn sie hängt von mehreren Faktoren ab. Wir müssen dazu abschätzen, wie viele Luftteilchen pro Stunde das Windrad treffen.



Der blaue Schlauch in der obenstehenden Grafik zeigt den Luftstrom, der durch die Rotorblätter strömt.

* + Markiere in der Grafik die Luftteilchen, die innerhalb von 10 s den Rotor erreichen werden (v = 6,5 ). *(Tipp: Berechne dazu s in m.)*

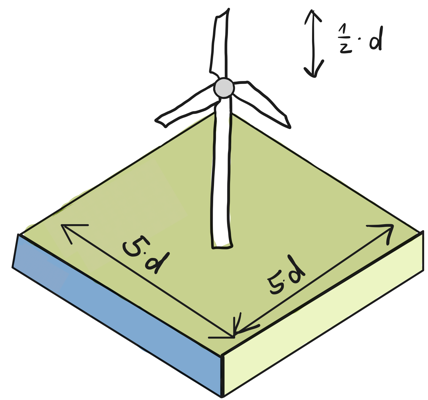
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

* + Welche Luftteilchen erreichen innerhalb von 10 s den Rotor, wenn v = 13 gilt?   
    Markiere diese in einer anderen Farbe oben in der Grafik.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

* + Erkläre nun, warum die Teilchenanzahl und damit auch die **Masse** von der **Windgeschwindigkeit** abhängt. Schau dir dazu die Grafik oben an.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

1. **Windenergie, die Deutschland bereitstellen könnte**

Windenergie – Arbeitsblatt 2 – Seite 4 von 6

Durch Aufgabe 2 c wissen wir, dass Windräder Abstände zueinander einhalten müssen.

Als Faustregel gilt: Jedes Windrad mit **Rotordurchmesser d** beansprucht ein **Quadrat** mit der Kantenlänge , da die Anlage sonst nicht genug Wind erhält.

Um abzuschätzen, wieviel Energie eine Windkraftanlage pro **1** erzeugen kann, betrachten wir ein mittelgroßes Windkraftwerk mit

1. Wie viele Windräder passen auf diese Fläche?

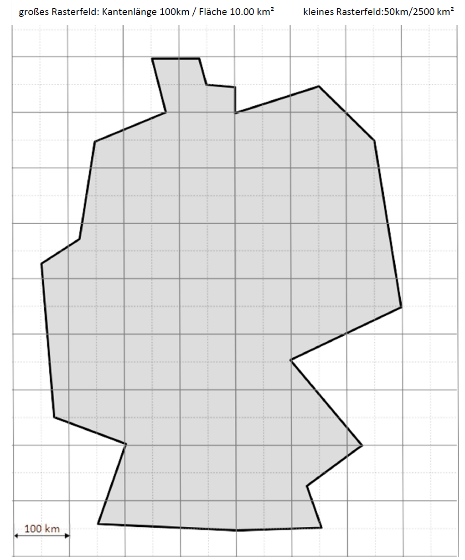
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

1. Berechne mit Hilfe des Ergebnisses aus Aufgabe 2 b) die elektrische Energie in kWh, die auf **einem Quadratkilometer** **innerhalb von**  erzeugt werden kann.

Ein großes Kästchen entspricht bei einer Kantenlänge von 100 km einer Fläche von 100 km • 100 km = 10 000 km2.

Ein kleines Kästchen entspricht bei einer Kantenlänge von 50 km einer Fläche von 50 km • 50 km = 2 500 km2.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

  
Eges = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_kWh pro km2 pro Tag

Nimm nun an, dass 25 000 km2 der Landfläche von Deutschland genutzt werden können.   
(Landfläche Deutschland = 357 588 km²)

1. Färbe eine entsprechend große Fläche an beliebiger Stelle in der nebenstehenden Karte ein.
2. Berechne mit dem Ergebnis aus Aufgabe 3 b) die Windenergie auf dieser Fläche in pro Tag.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Eges = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ kWh pro Tag

1. Berechne die Anzahl der dafür benötigten Windkraftanlagen.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

1. Berechne die Energie pro Person und Tag, die die Windenergie am Land in Deutschland bereitstellen kann.

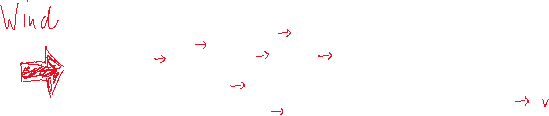
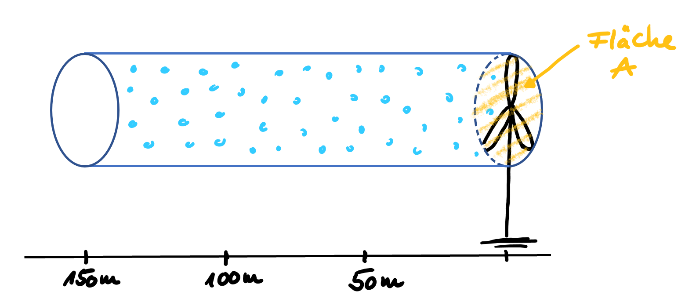
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

E Land = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ kWh pro Tag pro Person

1. \*Zusatzaufgabe für Schnelle und Interessierte

**Lösungen** zu Windenergie – Arbeitsblatt 2 – Seite 3 von 6

Die Masse, die in einer Stunde durch das Windrad strömt, wurde in Aufgabe 2a vorgegeben, denn sie hängt von mehreren Faktoren ab. Wir müssen dazu abschätzen, wie viele Luftteilchen pro Stunde das Windrad treffen.



Der blaue Schlauch in der obenstehenden Grafik zeigt den Luftstrom, der durch die Rotorblätter strömt.

* + Markiere in der Grafik die Luftteilchen, die innerhalb von 10 s den Rotor erreichen werden (v = 6,5 ). *(Tipp: Berechne dazu s in m.)*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  | *Siehe Zeichnung s = 65 m* |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

* + Welche Luftteilchen erreichen innerhalb von 10 s den Rotor, wenn v = 13 gilt?

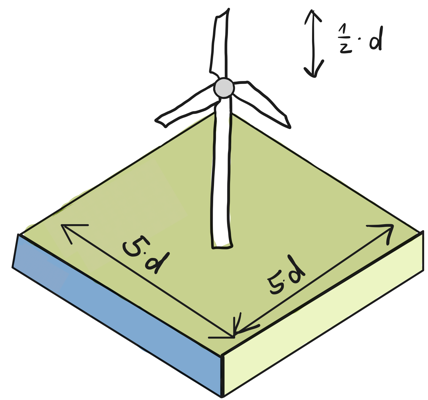
Markiere diese in einer anderen Farbe oben in der Grafik.

*Siehe Zeichnung s = 130 m*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

* + Erkläre nun, warum die Teilchenanzahl und damit auch die **Masse** von der **Windgeschwindigkeit** abhängt. Schau dir dazu die Grafik oben an.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | *Bei höherer Geschwindigkeit trifft eine höhere Teilchenzahl auf das Windrad und damit eine größere Luftmasse als bei geringerer Geschwindigkeit.* |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

1. **Windenergie, die Deutschland bereitstellen könnte**

**Lösungen** zu Windenergie – Arbeitsblatt 2 – Seite 4 von 6

Durch Aufgabe 2 c) wissen wir, dass Windräder Abstände zueinander einhalten müssen.

Als Faustregel gilt: Jedes Windrad mit **Rotordurchmesser d** beansprucht ein **Quadrat** mit der Kantenlänge , da die Anlage sonst nicht genug Wind erhält.

***1 000 000***

Um abzuschätzen, wieviel Energie eine Windkraftanlage pro **1** erzeugen kann, betrachten wir ein mittelgroßes Windkraftwerk mit

1. Berechne, wie viele Windräder auf einer Fläche von 1 km² Platz hätten.

à *es passen nicht mehr als* ***4 Windräder*** *auf diese Fläche*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

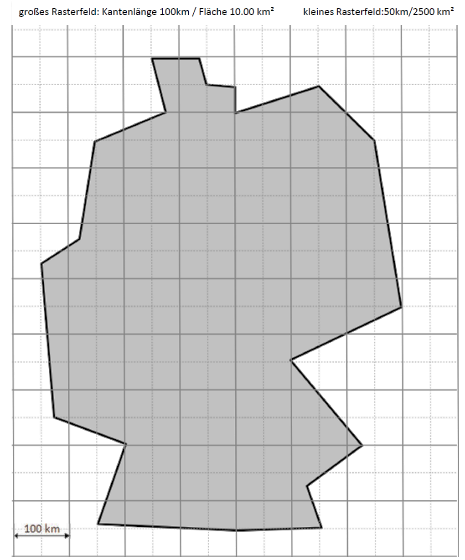
1. Berechne mit Hilfe des Ergebnisses aus Aufgabe 2 b) die elektrische Energie in kWh, die auf **einem Quadratkilometer** **innerhalb von**  erzeugt werden kann.

Ein großes Kästchen entspricht bei einer Kantenlänge von 100 km einer Fläche von 100 km • 100 km = 10 000 km2.

Ein kleines Kästchen entspricht bei einer Kantenlänge von 50 km einer Fläche von 50 km • 50 km = 2 500 km2.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Eges = \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_kWh pro km2 pro Tag



Nimm nun an, dass 25 000 km2 der Landfläche von Deutschland genutzt werden können.   
(Landfläche Deutschland = 357 588 km²)

1. Färbe eine entsprechend große Fläche an beliebiger Stelle in der nebenstehenden Karte ein.
2. Berechne mit dem Ergebnis aus Aufgabe 3 b) die Windenergie auf dieser Fläche in pro Tag.

***kWh***

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

*1,6*

Eges = \_\_\_\_\_\_\_\_kWh pro Tag

1. Berechne die Anzahl der dafür benötigten Windkraftanlagen.

*Windräder*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

1. Berechne die Energie, die pro Person und pro Tag durch Windenergie am Land in Deutschland bereitgestellt werden könnte.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

***20***

E Land = \_\_\_\_\_\_\_\_ kWh pro Tag pro Person

**Anmerkung**: Die Windräder unserer Abschätzung sind relativ klein. Je größer die Windanlagen werden, desto mehr elektrische Leistung können sie „erzeugen“, aber desto größer muss der Abstand zwischen ihnen sein. (siehe oben 5d-Regelung).

Windenergie – Arbeitsblatt 2 – Seite 5 von 6

* Berechnungen von Wissenschaftlern zeigen, dass man mit ca. 40 000 hohen Windkraftanlagen und der gleichen Landfläche (≙ 7 % unserer Landfläche) auf etwa die gleiche Energie pro Person und pro Tag kommt, wie wir in Aufgabe 3 e berechnet haben.

1. **Windkraft aus Offshore-Anlagen**

Offshore (also auf dem Meer) ist die Windgeschwindigkeit größer. Anhand der Gesamtlänge der Küste in Deutschland steht eine Fläche von ca. 12 500 km² zur Verfügung. Die elektrische Energie, die pro generiert werden könnte, ist allerdings aufgrund der Windgeschwindigkeit doppelt so groß wie auf dem Land. Schätze die durch Offshore Windkraft bereitgestellte Energie mithilfe von Aufgabe 3) ab. (Geht auch ohne Taschenrechner 😉)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

1. **Herleitung der Formel für die Masse der Luft** *(für Extraschnelle)*
2. Gib zunächst die Formel für an, so wie du sie aus dem Unterricht kennst:

Um die Masse des Luftstroms berechnen zu können, verwendet man die folgende Formel:

ist die Fläche,

die die Rotoren überstreichen.

ist die Windgeschwindigkeit.

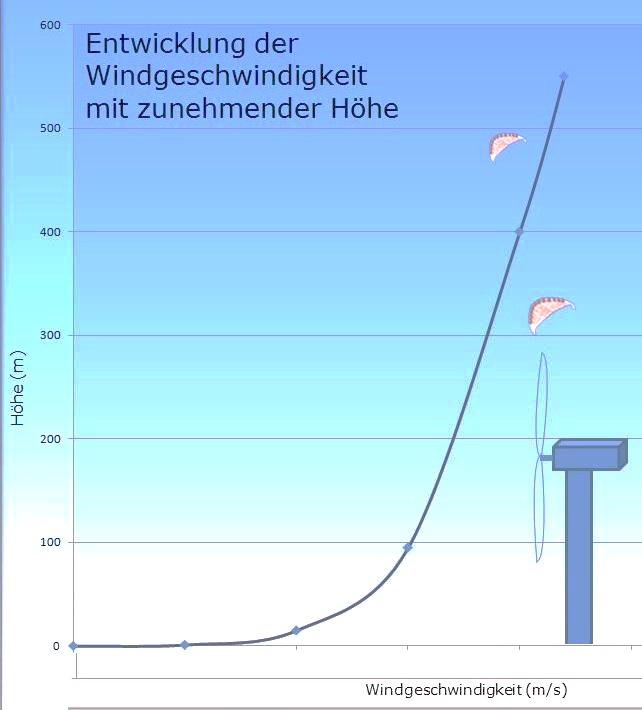
ist die Zeitdauer, wie lange der Wind

die Windkraftanlage antreibt.

ist die Dichte der Luft

*(Für Neugierige: Die Herleitung dieser Formel findest du in den Lösungen.)*

1. Versuche nun die Formeln miteinander so zu kombinieren, dass für die kinetische Energie des Windes mit der oben genannten Massenformel gilt:

Nun versuchen wir, ein Gefühl dafür zu bekommen, welche Auswirkungen diese Formel hat.

Windenergie – Arbeitsblatt 2 – Seite 6 von 6

1. Nenne diejenigen in der Formel verwendeten Grö-ßen, die von der Bauart des Windrades abhängen.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

1. Wie ändert sich die kinetische Energie bei einem Fahrrad, wenn man die Geschwindigkeit verdoppelt (2·v)? Fülle die Lücken aus. *(Tipp: Experimentiere mit der Formel aus Aufgabe 5a)*

*Die kinetische Energie ist bei doppelter Geschwindigkeit \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ so groß wie zuvor.*

Kurzschreibweise: Ekin 2.v = \_\_\_\_\_\_\_· Ekin =\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Wie verändert sich daher die kinetische Energie, die auf ein Windrad übertragen wird, wenn sich die Windgeschwindigkeit verdoppelt? *(Tipp: bei doppelter Geschwindigkeit ändert sich auch die Masse der Luftteilchen, die auf die Rotorblätter treffen!)*

Ekin Wind 2.v = \_\_\_\_\_\_\_· Ekin Wind =\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. Nehmen wir an, der Betreiber ersetzt eine bestehende Anlange (Nabenhöhe 80 m; Durchmesser d = 50 m) durch eine neue Anlage (Nabenhöhe = 250 m; Durchmesser = 200 m), dann ändert sich dadurch einerseits die Fläche und andererseits die Windgeschwindigkeit. An der oberen Grafik siehst du, dass damit die Windgeschwindigkeit um ca. den Faktor 1,2 zunimmt.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ⃝ | Ekin neu = 4,8 ∙ Ekin alt | ⃝ | Ekin neu = 19,2 ∙ Ekin alt | ⃝ | Ekin neu = 27,6 ∙ Ekin alt |

*Nebenrechnungen:*

1. Begründe unter Verwendung dieses Ergebnisses, warum die Windräder immer höher werden.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**Anmerkung**: Die Windräder unserer Abschätzung sind relativ klein. Je größer die Windanlagen werden, desto mehr elektrische Leistung können sie „erzeugen“, aber desto größer muss der Abstand zwischen ihnen sein. (siehe oben 5d-Regelung).

**Lösungen** zu Windenergie – Arbeitsblatt 2 – Seite 5 von 6

🡺 Berechnungen haben gezeigt, dass man mit ca. 40 000 hohen Windkraftanlagen und der gleichen Landfläche (≙ 7 % unserer Landfläche) auf etwa die gleiche Energie pro Person und pro Tag kommt, wie wir in Aufgabe 3 e berechnet haben.

1. **Windkraft aus Offshore-Anlagen**

Offshore (also auf dem Meer) ist die Windgeschwindigkeit größer. Anhand der Gesamtlänge der Küste in Deutschland steht eine Fläche von ca. 12 500 km² zur Verfügung. Die elektrische Energie, die pro generiert werden könnte, ist allerdings aufgrund der Windgeschwindigkeit doppelt so groß wie auf dem Land. Schätze die durch Offshore Windkraft bereitgestellte Energie mithilfe von Aufgabe 3 ab. (Geht auch ohne Taschenrechner 😉)

*Wieder 20 kWh pro Tag.*

*12 500 km2 ist halb so groß wie 25 000 km2, die Energie ist aber doppelt so groß.*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

1. **Herleitung der Formel für die Masse der Luft** *(für Extraschnelle)*
2. Gib zunächst die Formel für an, so wie du sie aus dem Unterricht kennst:

Um die Masse des Luftstroms berechnen zu können, verwendet man die folgende Formel:

ist die Fläche,

die die Rotoren überstreichen.

ist die Windgeschwindigkeit.

ist die Zeitdauer, wie lange der Wind

die Windkraftanlage antreibt.

ist die Dichte der Luft

*(Für Neugierige: Die Herleitung dieser Formel findest du in den Lösungen.)*

1. Versuche nun die Formeln miteinander so zu kombinieren, dass für die kinetische Energie des Windes mit der oben genannten Massenformel gilt:

**Herleitung der Formel für die Masse:**

*Dichte:*

*(\*)*

*Geschwindigkeit*

*(\*\*)*

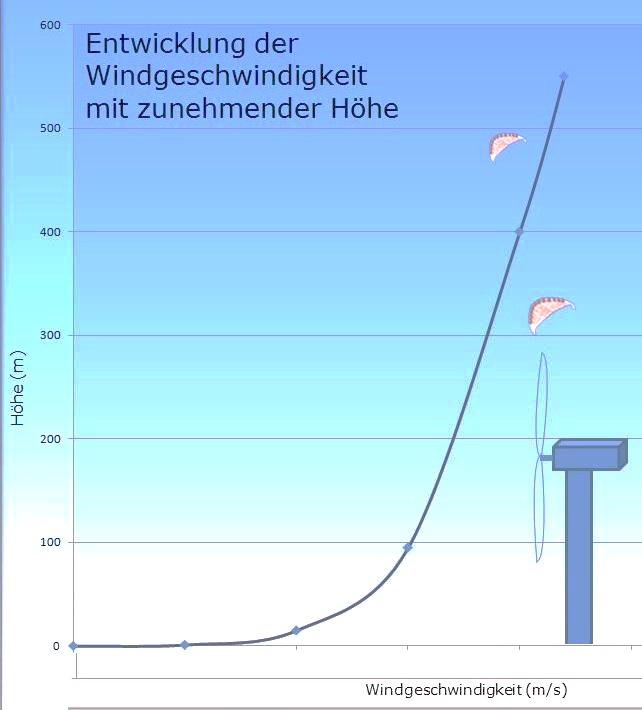
*Volumen V = Grundfläche mal Höhe*

*🡪 in (\*)*

*Masse:*

*bei gleichförmiger Bewegung:*

*des zylindrischen Luftschlauchs:*

Nun versuchen wir, ein Gefühl dafür zu bekommen, welche Auswirkungen diese Formel hat.

**Lösungen** zu Windenergie – Arbeitsblatt 2 – Seite 6 von 6

1. Nenne diejenigen in der Formel verwendeten Grö-ßen, die von der Bauart des Windrades abhängen.

*A* 🡪 *Größe der Rotorblätter*

*v* à *Bauhöhe des Windrads*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

1. Wie ändert sich die kinetische Energie bei einem Fahrrad, wenn man die Geschwindigkeit verdoppelt (2·v)? Fülle die Lücken aus. *(Tipp: Experimentiere mit der Formel aus Aufgabe 5a)*

*viermal*

*Die kinetische Energie ist bei doppelter Geschwindigkeit \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ so groß wie zuvor.*

Kurzschreibweise: Ekin 2.v = \_\_\_\_\_\_\_· Ekin =\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Wie verändert sich die kinetische Energie, die auf ein Windrad übertragen wird, wenn sich die Windgeschwindigkeit verdoppelt? *(Tipp: bei doppelter Geschwindigkeit ändert sich auch die Masse der Luftteilchen, die auf die Rotorblätter treffen!)*

Ekin Wind 2.v = \_\_\_\_\_\_\_· Ekin Wind =\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

1. Nehmen wir an, der Betreiber ersetzt eine bestehende Anlange (Nabenhöhe 80 m; Durchmesser d = 50 m) durch eine neue Anlage (Nabenhöhe = 250 m; Durchmesser = 200 m), dann ändert sich dadurch einerseits die Fläche und andererseits die Windgeschwindigkeit. An der oberen Grafik siehst du, dass damit die Windgeschwindigkeit um ca. den Faktor 1,2 zunimmt.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ⃝ | Ekin neu = 4,8 ∙ Ekin alt | ⃝ | Ekin neu = 19,2 ∙ Ekin alt  *X* | ⃝ | Ekin neu = 27,6 ∙ Ekin alt |

***Erklärung der Lösung Ekin neu = 27,6 ∙ Ekin alt***

* *Durchmesser 50 m 🡪 200 m (Vervierfachung)*
* *Radius wird damit auch vervierfacht*
* *Überstrichene* ***Fläche A*** *wird wegen r² in der Formel A Kreis = r²* ***∙*** *π dann*

*16-Mal so groß (4² = 16)*

* ***Windgeschwindigkeit v*** *wird mit Faktor 1,2 vergrößert*
* *v ist in der Formel für Ekin in der Form v3 🡺 1,2³ = 1,728*
* ***Ekin*** *ändert sich daher mit dem Faktor 16 ∙ 1,728 = 27,648 ≈ 27,6*
* *Ekin neu = 27,6 ∙ Ekin alt*

*Nebenrechnungen:*

1. Begründe unter Verwendung dieses Ergebnisses, warum die Windräder immer höher werden.

*Höhere Windräder bringen einen sehr viel größeren Energiebetrag,*

*da die Windgeschwindigkeit in der dritten Potenz in die Berechnung eingeht.*

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

## 